



[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 98101501.8

[43]公开日 1998年10月28日

[11]公开号 CN 1197209A

[22]申请日 98.4.3

[71]申请人 清华大学

地址 100084北京市海淀区清华园

[72]发明人 安继刚 周立业 刘以思

[74]专利代理机构 清华大学专利事务所

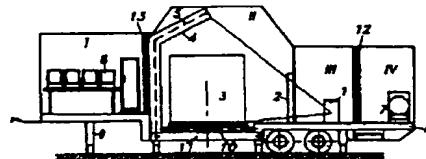
代理人 廖元秋

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 车载式 γ 射线数字辐射成像流动检测站
及其阵列探测装置

[57]摘要

本发明属核技术应用领域，包括高比活度 γ 放射性同位素射线源及其屏蔽容器，前、后准直器，阵列探测器，信号，图象处理系统与总控制台，拖动机构以及发电设备等，其特征在于：上述设备均安置在可由常规牵引车拖运至现场的同一辆拖车上。本发明能随时移运至需要的地方，并将地开展检测工作。这特别适合于客体堆放分散的货场、港口等，同时由于能不定时、不定点地进行突击检查而更能成倍地加大检测装置的威慑作用。



权利要求书

1. 一种车载式 γ 数字辐射成像流动检测站，包括高比活度 γ 放射性同位素射线源及其屏蔽容器，前、后准直器，阵列探测器，信号，图象处理系统与总控制台，拖动机构以及发电设备等，其特征在于：上述设备均安置在可由常规牵引车拖运至现场的同一辆拖车上，并分别安置在四个区室内；所说的前、后准直器以及处于它们之间下方的拖动机构设置于拖车的中部并围成对客体的射线检测区室，而信号、图象处理系统及总控台， γ 射线源及其容器和发电机设备则分别设置在处于该检测区的两边的检测控制区室、射线源区室和机房内；所说的控制室与检测室之间，射线源室与机房之间设置有屏蔽隔墙，射线检测区相应的部位的拖车两侧均设有防护门，拖车底盘下设有用于固定、支撑车体的可控制伸缩的支柱。
2. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于上述 γ 射线源为 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 高比活度放射性同位素源，其活度不超过37TBq。
3. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于所述前、后准直器以及所说的处于射线检测区与信号处理系统之间屏蔽隔墙上有由铅、铁或其合金制成的射线捕集器，它们朝向射线源的表面制成凹形。
4. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于，所说的拖动机构，由安装在拖车底盘中部上的中央拖动机构以及配装在拖车两侧的辅助拖动机构组成的辊轴式拖动机构。
5. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于，所说的拖车中部底盘与前后部底盘为可拆卸式连接，且中部底盘结合有高度调节机构。
6. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于，所说的的辅助拖动机构结合有高度调节机构且与中央拖动机构为可拆卸式连接。
7. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于，所述阵列探测器由多个包含一定数量探测器元的阵列探测器单元按序排列组成，该阵列探测的单元为阵列电离室、正比室、正比管或盖格管阵列、闪烁探测器阵列或半导体探测器阵列之一种。
8. 如权利要求1所述的检测站，其特征在于，用来移运至检测现场就地对集装箱、集装箱货车、大小客车、货车、列车车厢等大型客体进行辐射成象检测。
9. 一种可用于如权利要求1所述检测站的轻便耐震的充气阵列电离室探测装置，其中每个阵列电离室由耐压密封外壳、高压气体、窗口、电极系统及熔封绝缘子引出端组成，其特征在于，所说的耐压密封外壳兼作高压极；壳内部分或全部高压电极片与密

封外壳相焊接。

10、如权利要求 9 所述的探测装置，其特征在于，所说的绝缘子为双层金属—陶瓷熔封绝缘子，包括焊成一体的金属顶盖与中心金属丝，套封于该金属丝外顶盖下的陶瓷内管，该陶瓷内管适当处套封一陶瓷短管，该陶瓷短管上端由一金属保护环卡固，其下端外套封一金属短管。

11、如权利要求 9 所述的探测装置，其特征在于，所说的绝缘子为单层一人造宝石熔封绝缘子。

12、如权利要求 9 所述的探测装置，其特征在于，它也可应用于移动式、固定式或其它形式的辐射成象检测系统。

说 明 书

车载式 γ 射线数字辐射成像流动检测站及其阵列探测装置

本发明属核技术应用领域，特别涉及可由牵引车拖运至需要的地方，就地进行集装箱或其他大型客体的辐射成象检测装置。

现有以电子加速器作高能X射线源的集装箱检测装置（如法国施仑贝谢公司及英国宇航公司等的产品资料以及美国专利4 785 168中所述）能满足海关的检测要求，但设备巨大、沉重、辐射强度极高，均需固定安装在厚重的防护屏蔽建筑内运行。因此，迄今还没有过可移动式或车载式的加速器型集装箱检测装置。

已公开的中国专利申请书（961 02080.6）中提出一种“移动式 γ 数字辐射成象无损探伤检测方法与装置”，它采用钴-60 γ 探伤源代替加速器，藉助于极高灵敏度的探测装置，照样具备优良的集装箱检测性能。此系统显著降低了造价和占地面积，而且在检测过程中可使射线源与探测装置作扫描移动而令被检客体静止不动，从而能显著简化拖动系统。但是，此种检测装置也存在着缺陷：

其一，为使射线源与探测器系统在检测过程中能准确地同步移动，此装置的主要部件必须安装在可跨越检测对象的刚性构架上。同时，为了保证检测精度，此构架又必须具备极好的刚性，因而其体积与重量都很大，且必须置于平整轨道上滚动行进。

其二，在检测现场须事先设置好刚性构架的滚行轨道。

其三，在检测现场须事先建有屏蔽墙等射线防护设施或是设置开辟一定大小的警戒区域。

其四，信号处理系统、控制系统及操作运行人员须另有安置场所。

因此，这种结构检测装置的整体机动性弱，也难以建成车载式装备。

其五，已有的阵列电离室型探测装置能够满足辐射成象检测要求，但也存在某些缺陷，如：① 阵列电离室单元中，除电极系统外另有单独的厚重耐压密封壳，显著增大了探测单元的重量；② 内部结构复杂，导致抗震性能的降低。这些缺陷不利于它在车载式检测装置中的应用。

本发明的目的在于为克服已有技术的不足之处，提供一种能方便拖运至集装箱或其它大型客体存放处的车载式检测站。它采用 γ 射线源及高灵敏度阵列探测器来检测客体，将射线源、阵列探测装置、准直器、检测仪器室和屏蔽设施等主要部件全都设置、安装

在常规长度的拖车底盘上。此装置被整体拖运到目的地并落位固定后，即可就地开展检测工作。同时，为适应车载式检测站，本发明还提出了一种轻便耐震的阵列探测装置结构。

本发明提出一种车载式 γ 数字辐射成像检测流动站，包括高比活度 γ 放射性同位素射线源及其屏蔽容器，前、后准直器，阵列探测器，信号，图象处理系统与总控制台，拖动机构以及发电设备等，其特征在于：上述设备均安置在可由常规牵引车拖运至现场的同一辆拖车上，并分别安置在四个区室内；所说的前、后准直器以及处于它们之间下方的拖动机构设置于拖车的中部并围成对客体的射线检测区室，而信号、图象处理系统及总控台， γ 射线源及其容器和发电机设备则分别设置在处于该检测区的两边的检测控制区室、射线源区室和机房内；所说的控制室与检测室之间，射线源室与机房之间设置有屏蔽隔墙，射线检测区相应的部位的拖车两侧均设有防护门，开启后即可让被检客体进入和通过此检测区。拖车底盘下设有用于固定、支撑车体的可控制伸缩的支柱。

上述 γ 射线源为 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 高比活度放射性同位素源，其活度不超过37 TBq。所说的前、后准直器以及所说的处于射线检测区与信号处理系统之间屏蔽隔墙上有由铅、铁或其合金制成的射线捕集器，它们朝向射线源的表面制成凹形，以减少散射线。所说的拖动机构是由安装在拖车底盘中部上的中央拖动机构以及配装在拖车两侧的辅助拖动机构组成的辊轴式拖动机构。拖车中部底盘与前后部底盘为可拆卸式连接，且中部底盘结合有高度调节机构，便于大客体能通过射线检测区。所说的的辅助拖动机构结合有高度调节机构且与中央拖动机构为可拆卸式连接，所述阵列探测器由多个包含一定数量探测器元的阵列探测器单元按序排列组成，该阵列探测的单元为阵列电离室、正比室、正比管或盖格管阵列、闪烁探测器阵列或半导体探测器阵列之一种。

本发明所述检测站可用来移运至检测现场就地对集装箱、集装箱货车、大小客车、货车、列车车厢等大型客体进行辐射成象检测。

本发明提出一种更适合用于所述的检测站的轻便耐震的充气阵列电离室探测装置，其中每个阵列电离室由耐压密封外壳、高压气体、窗口、电极系统及熔封绝缘子引出端组成，所说的耐压密封外壳兼作高压极；壳内部分或全部高压电极片与密封外壳相焊接。所说的绝缘子为双层金属—陶瓷熔封绝缘子，包括焊成一体的金属顶盖与中心金属丝，套封于金属丝外该顶盖下的陶瓷内管，该陶瓷内管适当处套封一陶瓷短管，该陶瓷短管上端由一金属保护环卡固，其下端外套封一金属短管。所说的绝缘子也可为单层一人造宝石熔封绝缘子。

本发明探测装置也可应用于移动式、固定式或其它形式的辐射成象检测系统。

本发明为能方便地整体转移的集装箱（或其它客体）流动检测站。它能随时搬运至需要的地方，并就地开展检测工作。这特别适合于客体堆放分散的货场、港口等，同时由于能不定时、不定点地进行突击检查而更能成倍地加大检测装置的威慑作用。

附图简要说明：

图 1 为本发明所述的检测站实施例一总体结构剖视图。

图 2 为本实施例的工作状态轴侧示意图。

图 3 为本实施例的俯视图。

图 4 为本实施例的前、后准直器以及所说屏蔽隔墙结构示意图。

图 5 为本发明所述检测站实施例二的总体结构剖视图。

图 6 为本发明所述检测站实施例二的工作状态轴侧示意图。

图 7 为本发明所述检测站实施例三的总体结构剖视图。

图 8 为本发明所述检测站实施例三的工作状态轴侧示意图。

图 9 为本发明所述检测站实施例三中有人驾驶货车通过检测区时的射线源启闭控制示意图。

图 10 为本发明所述阵列探测装置实施例结构示意图。

图 11 为图 10 中绝缘子结构示意图。

本发明设计出三种结构车载式钴-60 集装箱流动检测站实施例，结合附图，详细描述如下：

实施例一：总体结构如图 1 所示，本实施例的钴-60 集装箱流动检测站由安装在常规长度与宽度的专用拖车 8 之底盘上的高比活度 γ 射线源及其容器 1、前准直器 2、后准直器 4、阵列探测装置 5、信号处理与系统控制设备 6、发电机 7 以及辊轴式拖动机构 10 等组成。全车可分为四个区室：I—检测控制室；II—射线检测区；III—射线源室；IV—发电机房。在区室 I 中安置着信号处理与系统控制设备 6，是操作、检查人员的工作场所。区室 II 中由前准直器 2、后准直器 4 及下面的中央拖动机构 10 所围成的范围就是被检客体所要通过的射线检测区。区室 III 内装置着 γ 射线源及其屏蔽容器 1，而发电机 7 及空调机等辅助设备则均设置在区室 IV 中。区室 I 与 II 之间，III 与 IV 之间均设置有屏蔽隔墙 13、12。

在拖车 8 的底盘下设有多个（例如 8 个）可控制伸缩的支柱 9，它们在拖运过程中处于缩回状态，而在拖运到位后便被调节伸长至地面，并牢牢支撑与固定住拖车 8。拖

车 8 就位固定后即可打开其两侧的大门 14，如图 3 所示，以便被检客体 3 能进入并通过射线检测区。同时车辆两侧开启的大门还可起到辐射安全警戒线的作用。由于集装箱等客体 3 的长度一般均超过检测车 8 的宽度，因此此流动检测站还必须配带辅助拖动机构 15 及过渡台阶 16。当被检对象是轿车或中小型货车时，可令其直接驶上拖动机构的载板，待司机下车后再开动辊轴机构使之通过射线检测区。当检测集装箱时，需由起重机将其吊放到辊轴式拖动机构的载板上，再使之移动。

在进行检测时，打开射线源容器 1 上的屏蔽门让 γ 射线通过该容器上的狭缝射出，再经前准直器 2 而被准直成窄片状。此片状射线束穿过客体 3 后再通过后准直器 4（用以去除散射线）射入对准好的阵列探测装置 5 中。继续穿出阵列探测装置 5 的直射线及来自客体 3 或其它地方的散射线将被带捕集器的屏蔽墙 13 所阻挡，不会再影响检测控制室 I 中的操作运行人员。介于射线源室 III 与发电机房 IV 之间的屏蔽隔墙 12 用以阻隔当射线源容器上的屏蔽门打开时， γ 射线在前准直器或室壁等处产生的反散射线与散射线，可进一步保障电机操作人员的安全。

射线源 1 采用高比活度的 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 等 γ 放射性同位素源，其活性区线度为数毫米，活度为数居里至一千居里（37TBg）。对于集装箱等大型客体，应使用 γ 射线能量较高的 ^{60}Co 源。本发明所采用的 γ 射线源的比活度及活度值与工业探伤用 γ 射线源的基本相符，而后者已有大量定型产品供应。本发明的检测装置可采用此种自带屏蔽容器的工业探伤 γ 射线源，从而增加设备运行的可靠性。

前准直器 2 由铅、铁等金属或其合金制成，它中间的准直狭缝将放射性同位素源所发出的 γ 射线准直成水平张角为 0.1° 至 1° 而垂直方向张角达数十度的片状射线束。一般，前准直器可制成直立型式。

后准直器 4 也由铅、铁等金属或其合金制成，其中间准直狭缝的宽度等于或略大于阵列探测器 5 的象素宽度，而且严格地对准前准直器 2 的准直缝和射线源的活性区。为使得各探测器元与射线源的距离差异小，并尽量减少其所占空间，后准直器 4 应以如图 1 中所示的单折线状为好。但是，弧线状或双折线状的后准直器形式也是可以采用的。

为了尽量减少所产生的散射线，前、后准直器 2、4 及屏蔽隔墙 13 的捕集器朝向射线源的表面，应制成凹型，如图 4 所示。

也处于区室 II 内的阵列探测装置 5 由若干包含一定数量象素探测器元的阵列探测器单元顺序排列组成。各阵列探测器单元安装在紧靠着后准直器的支架上，均对准射线源的活性区。阵列探测装置 5、前准直器 2、后准直器 4 及射线源 1 的安装、固定设施

要确保使射线源 1 所发出的 γ 射线经过准直后能准确地射入各像素探测器元的灵敏体积内。这些固定设施必须足够牢固，使能承受检测站拖运过程中的震动而仍严格保证阵列探测装置、准直器及射线源间的相对位置关系固定不变。

阵列探测装置 5 的作用是将穿过被检客体后射入其灵敏体积的 γ 射线转换成电信号。要求它的探测效率与灵敏度高，稳定可靠，且能很好承受检测装置拖运过程中的震动及较差的环境条件。现可采用的能满足此等要求的阵列探测器有多种，如中国专利 ZL93 1 02728.4 所阐述的“气体电离型高能 X、 γ 辐射成象阵列探测装置”、正比室、正比管或盖格管阵列、闪烁探测器阵列或半导体探测器阵列等。

阵列探测装置 5 的输出信号经前端电路后再馈入信号采集与处理系统 6。经图象处理获得的客体辐射投影图象将实时显示在监视器屏幕上，供运行人员检视。

信号处理与系统控制设备 6 中主要包括信号采集与处理系统和检测站总控制台等。信号采集与处理系统中除与阵列探测器单元装配在一起的前端电路外，还包括有模拟量处理电路、模数变换（ADC）电路和计算机等。总控制台则具备对全检测站各个子系统（如信号测量、客体拖动、安全连锁、液压传动、文件处理、人工环境及电力供应等）的操作、监控功能。

为便于随车拖运，选用了辊轴式拖动机构。它分为三部分，其中央拖动机构 10 的长度与检测车 8 的宽度相同，而在车外两侧还须分别配有同为辊轴式的辅助拖动机构 15。辅助拖动机构 15 的长度应略大于最大被检客体 3 的长度，并能调节高度而与中央拖动机构 10 很好衔接，使置于载板上的客体能平稳地自检测车的一侧移过射线检测区而到达检测车的另一侧。为使轿车及货车能自行驰上拖动机构载板，还在两侧分别配有过渡台阶 16。辅助拖动机构 15 和过渡台阶 16 在集装箱流动检测站转移时亦可装车随同搬运。

实施例二：与实施例一不同之处是检测车 8 的底盘可专门设计制造，使其与中央拖动机构 10 相应的部位 11 能够升降或拆除。当须要大型集装箱货车直接通过检测区进行检查时，可调节降低此底盘部位 11 或拆除，使中央拖动机构 10 降至最低直至地面，从而使片状射线束的上边界能超过客体的最大高度。同时，辅助拖动机构 15 及过渡台阶 16 也要相应地调至最低。集装箱货车的司机在将车驰上拖动机构的载板后必须下车，然后再由操作人员开启拖动机构进行检测。此时集装箱流动检测站的结构与工作状况如图 5, 6 所示

实施例三：在某些场合，在检测车就位固定好了以后，可将中央拖动机构 10 及检

测车相应部位的部分底盘 11 拆除。此时，集装箱货车司机应是经过培训的专门人员，他（她）可不必下车而直接按照规定的速度将车驰过检测区进行检测。这时操作运行人员要启动射线源容器屏蔽门的自动连锁启闭机构，使得只有当货车的驾驶室已经通过检测区后（由定位信号确定），才让射线出射而对后面的集装箱进行扫描检测。这就能够确保司机不致受到照射。如果需要，还可在货车驾驶室的后壁加一定厚度的屏蔽层，以防止散射线的影响，进一步保护司机的安全。这种情况下，可不再需要检测现场配有起重设备，而且可以省去拖动机构（10，15，16）等。此时集装箱流动检测站的结构与工作状况如图 7，8 所示。在这种场合中，为保证驾车司机的安全，检测车还设有射线源容器屏蔽门启闭联锁机构，该机构由分别安装在四扇侧门 14 的相应位置的两对位置传感器及其信号处理电路组成。该机构的一种工作程序如图 9 所示。当检测车 8 的四扇侧门 14 打开后，在 X-X 及 Y-Y 处分别安装有的两对位置传感器便开始工作。一旦有物体阻挡或离开 X-X 及 Y-Y 处的光线，此位置传感器均将输出信号。X-X 及 Y-Y 线与由 Z-Z 线代表的射线束的距离等于辐射防护规范所要求的安全限值。在集装箱货车 3 由图纸下方向检测区驰进时，当车头(A-A)一旦到达 Y-Y 线，该处的 Y 位置传感器立即给出信号通知并检查射线源 1 的屏蔽门，要确保它已关闭。当车头(A-A)到达 X-X 线时光线被阻隔，此处 X 位置传感器给出第一次信号，再次检查并确保射线源门处于关闭状态。当驾驶室的后壁(B-B)驰过 X-X 线时，X 位置传感器第二次输出信号，此信号将通知开启射线源 1 的屏蔽门，让 γ 射线出射，对即将到达射线束 Z-Z 处的集装箱进行扫描检测。直到集装箱的后壁(D-D)驰过 X-X 线时，X 位置传感器给出的信号将通知关闭射线源 1 的屏蔽门。对一辆集装箱货车的检测全过程便至此结束。

如果检测现场有电力供应，可将电源线与检测车的电源插座相联接，为全流动检测站供电。如果检测现场没有电源，可启动发电机 7 来提供电力。

上述三种车载式集装箱检测站的辐射安全性是很好的。所用射线源发出的 γ 射线基本上均被各项屏蔽设施阻挡限制在检测区 II 及射线源室 III 之内。站内工作人员所在处的辐射剂量率均低于允许值的十分之一，而在检测车外则基本处于本底水平。因此，检测车到位进行检测时，并不需要在现场另行采取屏蔽措施，只是需要严格防止有人在检测过程中误入检测区。当流动检测站被拖运时，它的射线源 1 是处在屏蔽容器之内的，检测区两侧的防护门 14 也是关闭的，因而即使在通过居民区时也没有危险。

本发明车载式集装箱流动检测站主要用于集装箱、货车、轿车等客体的在线检测，是反走私、反恐怖活动的有力武器。由于它极好的整体机动性，更使其威力和作用得到

了成倍的增长。这种装备也可开赴现场用来检测大型导弹等不便搬动的客体，或是作为一种流动的工业无损检测站应邀前往有关企业进行无损检测工作。

本发明提出了一种轻便、耐震更宜于本发明检测站使用的充气阵列电离室探测装置实施例，其阵列电离室单元结构的特征是取消了与电极系统分离的单独的耐压密封壳，而使密封壳本身也兼作为高压极的一部分。同时，为去除绝缘子漏电流的影响，采用了双层金属陶瓷熔封绝缘子来引出信号。

此种阵列电离室的主要结构如图 10 所示。这是一个包含多个象素电离室元的阵列电离室单元的外观正视图及断层剖面图。图中 17 是双层金属-陶瓷熔封绝缘子，18 是高压电极片，19 是收集极片，而 20 则是兼起高压极作用的密封壳。由图可见，各高压极片 18 与密封壳 20 是联通的，不存在防止它们间发生短路的问题，显著提高了可靠性。同时，可每隔一定距离便将高压极片 18 与密封外壳 20 相焊接，从而大大增强了外壳的耐压强度。这就可以显著减小外壳的厚度，使阵列电离室的重量大为减轻。收集极片 19 依靠高绝缘材料插件固定在高压电极 18 之间，并与之严格绝缘。收集极的信号则通过双层金属-陶瓷熔封绝缘子 17 引出。双层金属-陶瓷熔封绝缘子 17 的结构如图 8 所示。

本实施例双层金属-陶瓷熔封绝缘子共有三个金属件 171、173、175 与二个氧化铝陶瓷管 172、174 构成，如图 11 所示。图中可见顶盖与中心金属丝 171 连成一体，其中心金属丝与收集极片相联，用以输出信号。金属件 172 为“保护环”，在电离室工作时应当接地。金属件 173 为底座，须与电离室单元的密封外壳相焊接。各陶瓷管与金属件相接处，用金属-陶瓷容封工艺封接。各焊缝均应保证其泄漏率小于 1×10^{-8} 帕斯卡·升/秒。在某些特殊情况下，陶瓷管 172 可换用人造宝石（氧化铝单晶）管，来提高其绝缘电阻及抗潮性能。在电离室工作时，密封壳及高压极上加的工作电压在陶瓷管 174 上产生的漏电流通过“保护环”173 而流入“地”，不再会影响信号测量。中央金属丝 171 与保护环 173 间的电位差很小，因而在陶瓷管 172 上产生的漏电流可以忽略。由于人造宝石管的绝缘电阻可高达 $10^{16}\Omega$ ，因而也可以直接用单层金属-宝石熔封绝缘子取代双层金属-陶瓷熔封绝缘子而达到同样降低漏电流影响的效果。

这种结构阵列电离室单元的耐压强度更好，故可充入更大压力的工作气体，获得更高的探测灵敏度。同时，由于省去单独的耐压密封壳、简化电极系统结构和减薄了密封壳的厚度，便显著减少了电离室单元的重量，提高了可靠性并增强了抗震能力。

本发明所述的阵列电离室将更适用于车载式集装箱检测装置。当然，它也可应用于其它无损探伤检测系统。

本实施例所采用的射线源是活度为 100—330 居里 (3.7-11 TBq) 的钴-60 工业探伤源，其准直射线束的水平张角小于 1°，垂直方向张角约为 60°。前、后准直器均用铅制。使用了本发明提出的密封外壳兼作高压极的阵列电离室单元，每单元含 16 个像素电离室元。探测器系统总共安装了 32-64 个阵列电离室单元，共含 512-1024 个像素电离室元。选用直流工作模式的低噪声前端电路以及 16 bit 精度的模数变换电路。用组成局域网的高档微机进行信号与图象处理。客体在辊轴式拖动系统上的扫描移动速度为 10-30 厘米/秒。此实施例将能达到的检测性能指标是：对 100 毫米铁屏吸收体的密度反差灵敏度 (CI 值) 为 7%；同样吸收体条件下的图象质量指标 (IQI 值) 为 2.5%；穿透本领 (SP 值) 为 220-240 mm 铁；最大检测剂量小于 0.02 mGy。这已足能满足海关查私工作的需要。

说 明 书 附 图

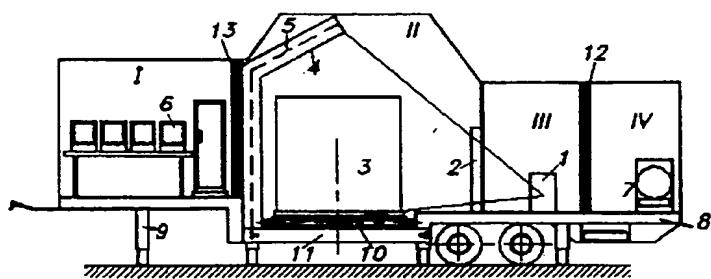


图 1

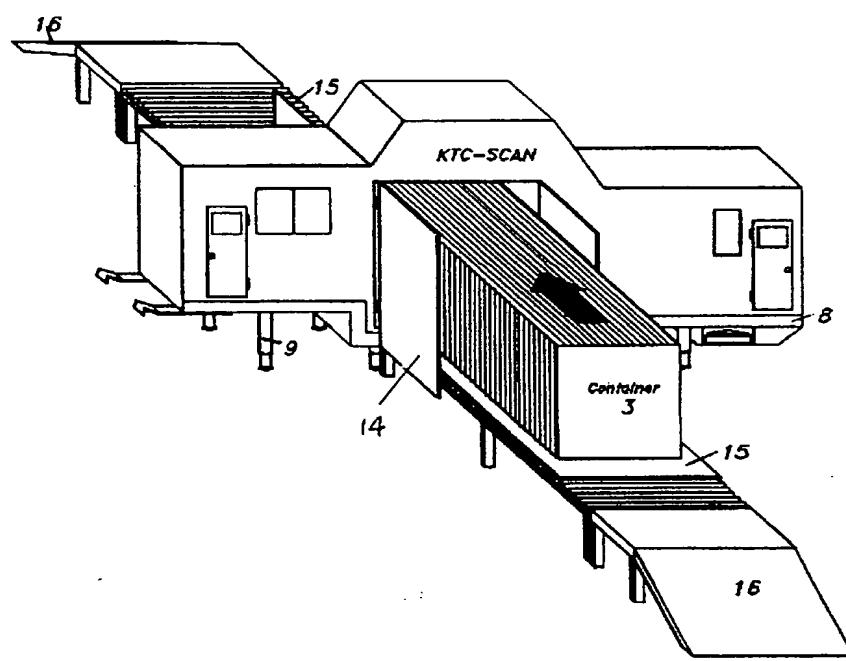


图 2

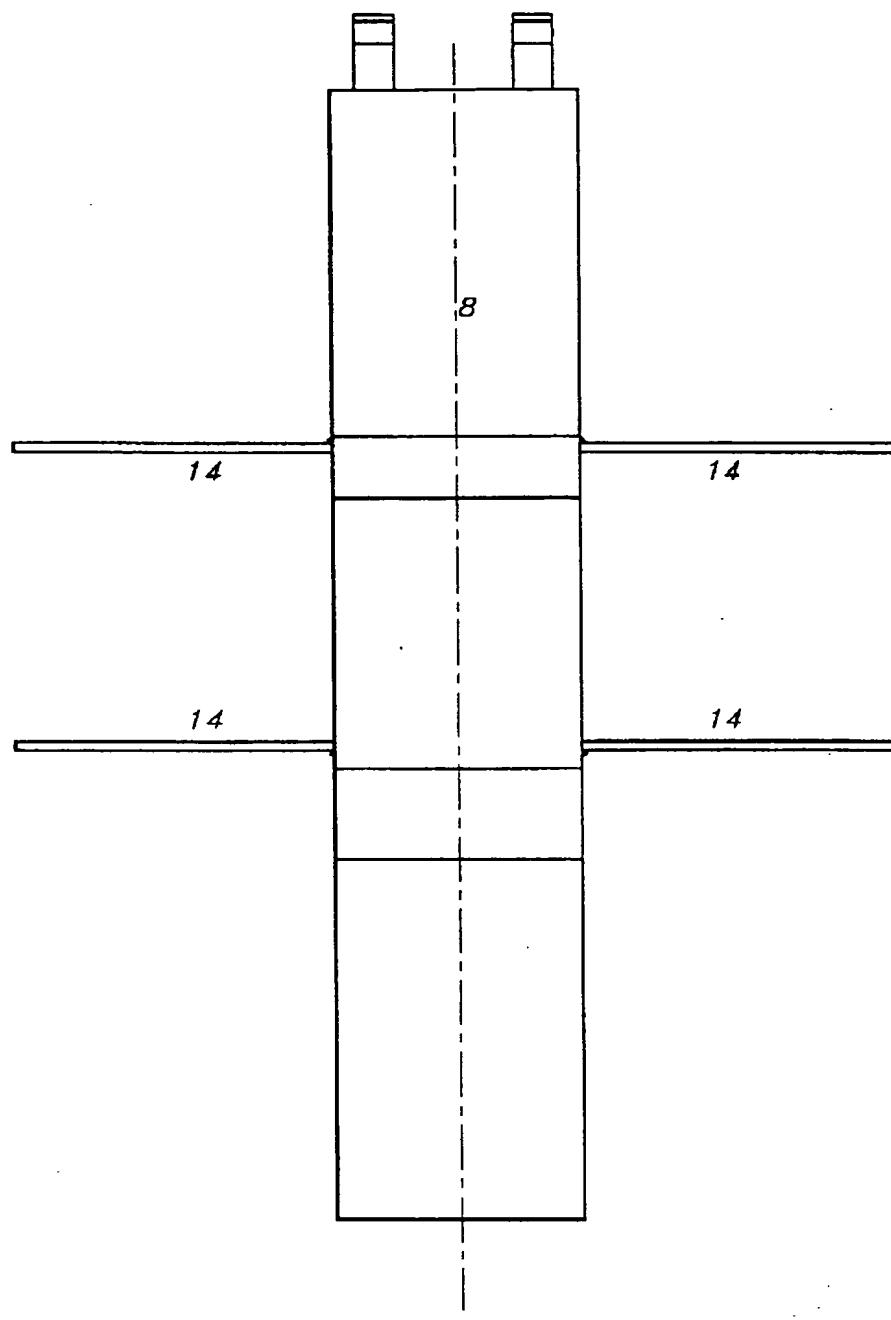


图 3

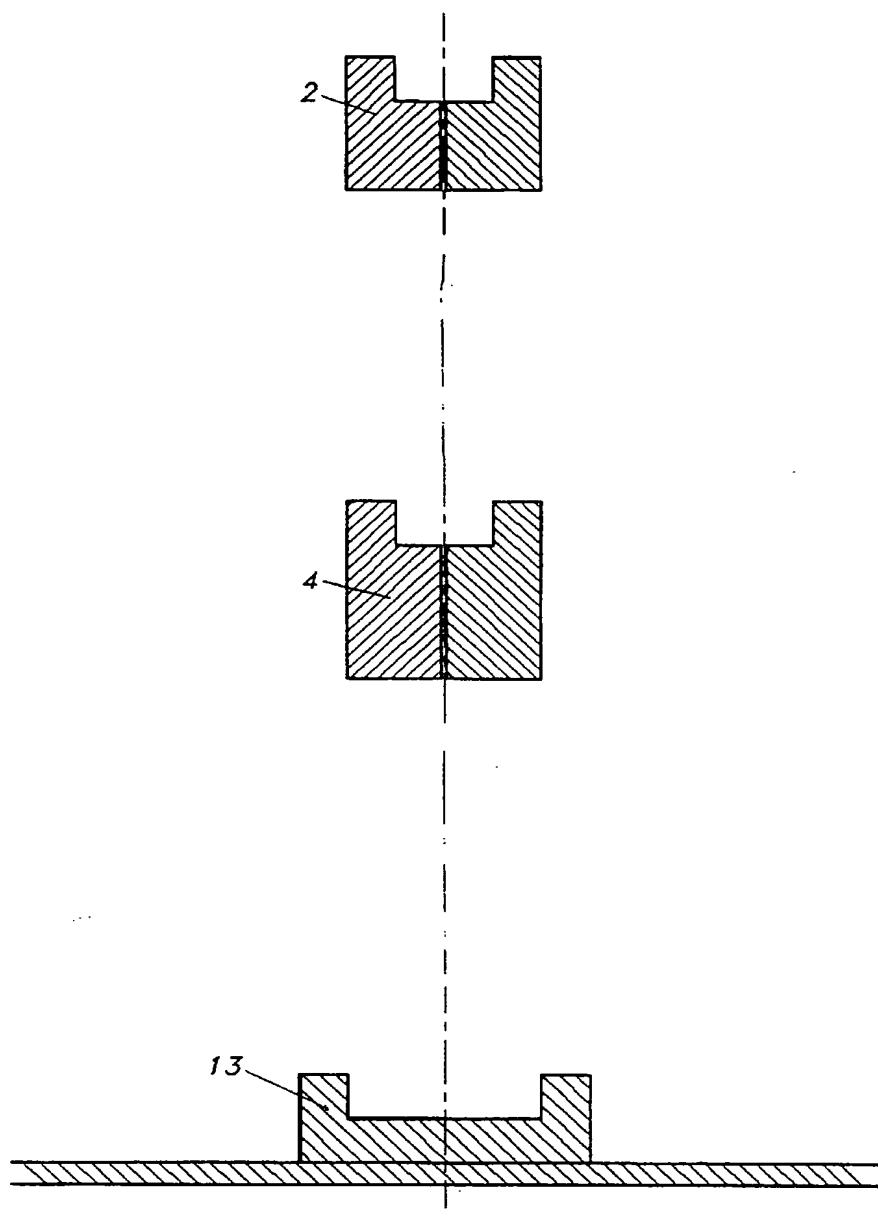


图 4

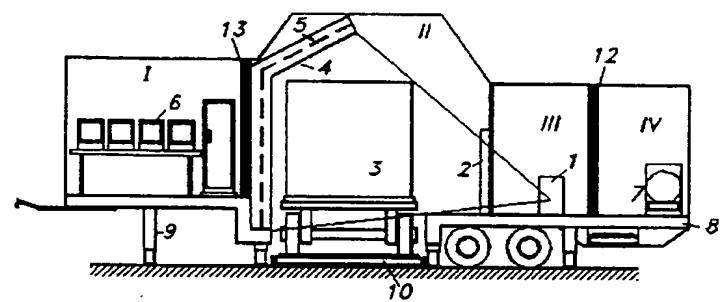


图 5

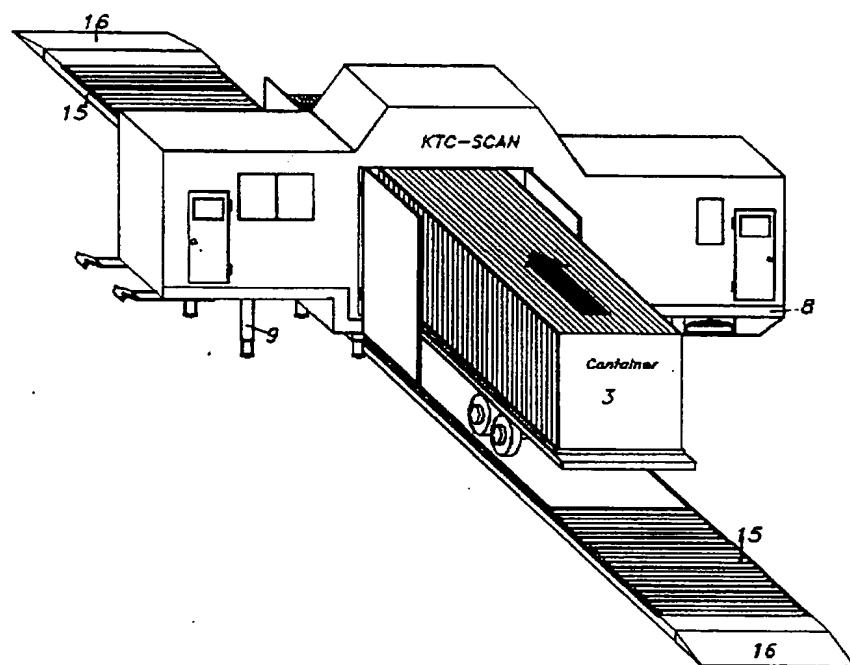


图 6

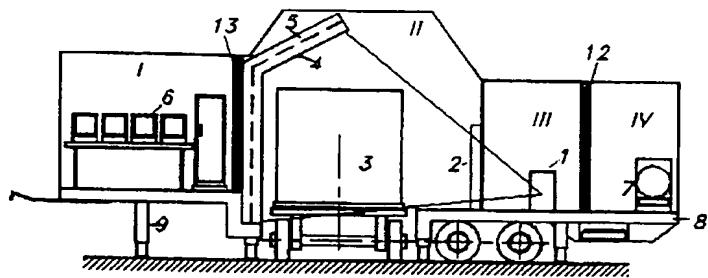


图 7

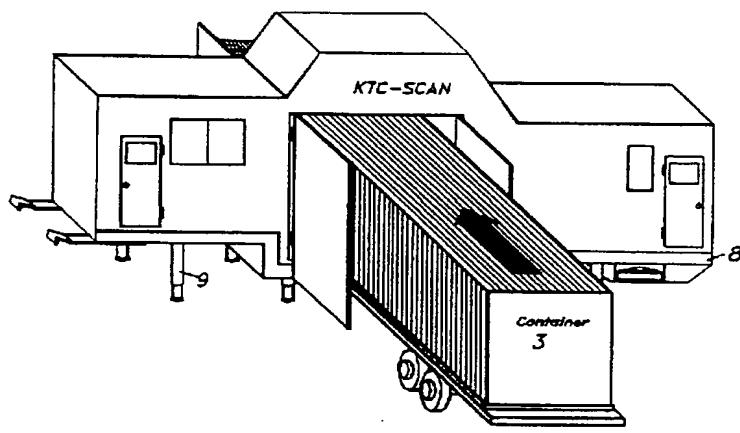


图 8

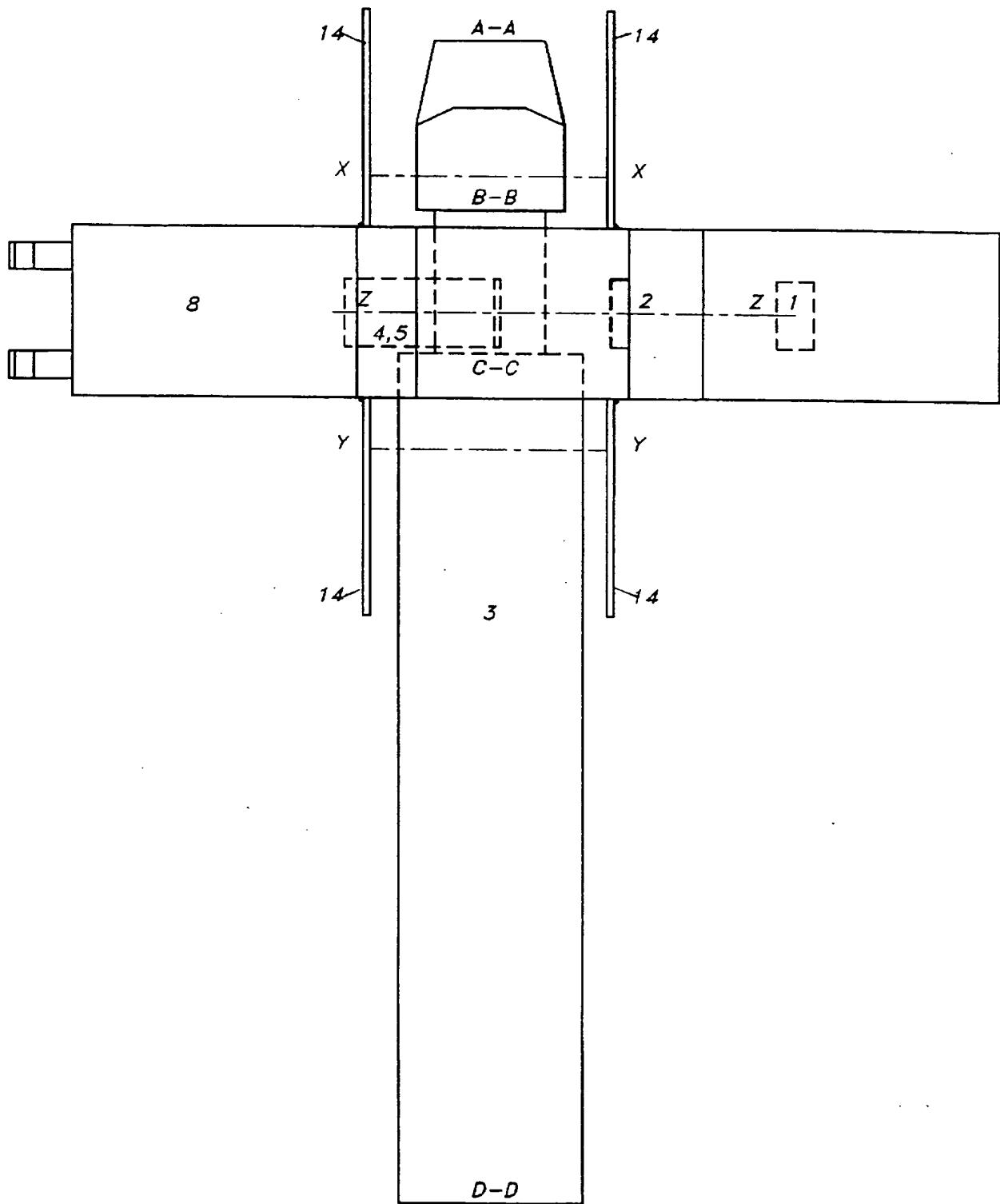


图 9

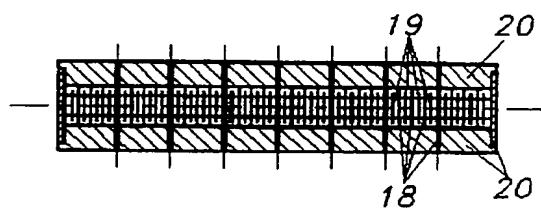
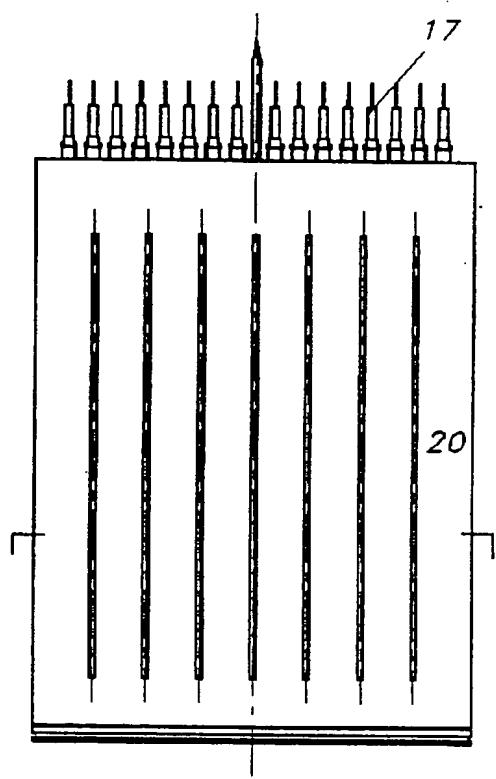


图 10

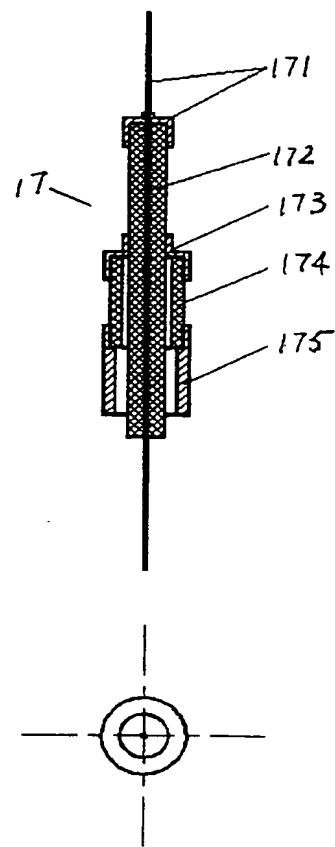


图 11